巡検案内書

関東平野南部における上総層群のテフロクロノロジー*

Tephrochronology of the Kazusa Group in southern Kanto Plain, central Japan *

鈴木毅彦¹ 白井正明¹ 福島 徹²

概要

Takehiko Suzuki¹, Masaaki Shirai¹ and
Tohru Fukushima²

2016年3月13日受付.

2016年6月17日受理.

* 日本地質学会第123年学術大会(2016年・東京桜上水)巡検(Jコース)案内書

¹ 首都大学東京大学院都市環境科学研究科地理学教室

Department of Geography, Graduate School of Urban Environmental Sciences, Tokyo Metropolitan University, 1-1 Minami-osawa, Hachioji, Tokyo 192-0397, Japan

² むさしの化石塾

Musashino School of Paleontology, MKJ Office, 3-20-7 Chuo, Musashi-murayama, Tokyo 208-0003, Japan

Corresponding author: suzuki@tmu.ac.jp

(注) 本原稿のPDF版(一部カラー化)がJ-STAGEでご覧いただけます.

<https://www.jstage.jst.go.jp/browse/geosoc/-char/ja>

三重会合点の北西数百 km に位置する関東平野には、かつての前弧海盆とその周辺域に堆積した上総層群が分布する。鮮新世後期から第四紀前～中期に堆積した同層群中には多数のテフラが含まれている。これらを用いた火山灰編年研究により、日本列島最大規模の面積をもつ関東平野の地形発達・古地理、地殻変動、そして上総層群にテフラを供給した爆発的火山噴火の復元が可能となる。こうした研究を進めるには関東平野の広大な地下に埋もれたテフラも解明する必要がある。現在関東平野において、ボーリングで確認された地下のテフラや、地表に露出するテフラの対比・認定が進められつつある。本コースでは、関東平野南部、とくに狭山丘陵と多摩丘陵において前期更新世テフラを観察し、同時代のテフロクロノロジーとその応用研究の現状を紹介する。

Keywords

前期更新世, テフラ, 記載岩石学的特性, 関東平野, 狭山丘陵, 多摩丘陵
Early Pleistocene, tephra, petrographic properties, Kanto Plain, Sayama Hills, Tama Hills

地形図

1 : 25,000 「所沢」, 「立川」, 「八王子」, 「溝口」, 「川崎」

見学コース

8 : 00 JR 立川駅北口多摩信用金庫前広場集合→狭山丘陵→多摩川河川敷 JR 中央線鉄橋上流→都立長沼公園→穴澤天神社→綱島諏訪神社→綱島駅

見学地点

- Stop 1 (35°46'12"N, 139°23'7"E) 所沢市三方入(狭山丘陵, 狭山層とそれに含まれる狭山ゴマシオテフラ(SGO)の露頭)
- Stop 2 (35°41'11"N, 139°23'39"E : Stop 2-c) 日野市栄町2丁目(多摩川河床, 上総層群小山田層とそれに含まれる第1堀之内テフラ(HU₁)と第2堀之内テフラ(HU₂)の露頭)
- Stop 3 (35°38'12"N, 139°22'12"E) 八王子市長沼(都立長沼公園, 平山層, 小山田層とそれに含まれる第1堀之内テフラ(HU₁), 御殿峠礫層の露頭)
- Stop 4 (35°37'58"N, 139°31'21"E) 稲城市矢野口(稲城層とそれに含まれる根方-百合ヶ丘テフラ(NG-YR)の露頭)
- Stop 5 (35°32'18"N, 139°38'17"E) 横浜市港北区綱島東の露頭(王禅寺層とそれに含まれる浅間-Kd18 テフラ(SG-Kd18)と宮田テフラ(MT))

はじめに

日本列島の平野として最大規模の面積をもつ関東平野は、日本海溝、伊豆・小笠原海溝、相模トラフの三重会合点の北西数百 km に位置するというテクトニックな地学的背景をもち (Fig. 1), これを反映して第四紀に発達してきた。関東平野は、フィリピン海プレートの沈み込みに伴い形成された前弧海盆が広域的な隆起により陸化した地形と解釈されている (貝塚, 1987 など)。このようにかつての前弧海盆が陸化した例は静岡県掛川地域、宮崎地域をはじめ世界各地で知られており (杉山ほか, 1988; 長岡ほか, 2010; Santra et al., 2013 など), それらを充填する堆積物や表層をなす地形から、陸化した前弧海盆の形成過程が検討されている。

関東平野では、平野縁辺の丘陵群から同平野主部地下にかけて上総層群 (植田, 1933; 伊田ほか, 1956; 三梨ほか, 1959) が分布する。同層群は鮮新世後期から更新世中期に堆積した海成層を主体とする層厚 3,000 m 以上におよぶ厚い堆積物で、その主体は上総トラフ (貝塚, 1984) とよばれる凹地を充填する堆積物であり、かつての前弧海盆やその周辺域に堆積した。したがって上総層群は、関東平野の発達過程を解明する上で重要な堆積物であり、その発達過程の解明は陸化を伴う前弧海盆形成のモデル化に繋がる。

上総層群の編年を進めるアプローチには、テフロクロノロジー (火山灰編年)、微化石層序、放射年代測定、古地磁気層序などさまざまな方法がある。本巡検コースでは 2000 年代以降に大きな研究の進展がみられた関東平野のテフロクロノロジーの研究結果の概要を、おもに平野南部に発達する狭山丘陵・多摩丘陵を例に、下記の 5 つのテーマに沿って紹介する。それらは、1) 関東平野南部に分布する上総層群の層序と含まれるテフラ、2) 上総層群中テフラの岩相・記載岩石学的特性と対比・年代、3) 関東平野南部における前期更新世の地形発達・古地理、4) 上総層群の層厚分布や変位などから推定される前期更新世以降の地殻変動、5) 上総層群にテフラを供給した前期更新世の爆発的火山噴火である。

本巡検コースに関連する上総層群中の主なテフラの給源火山、噴出年代、記載岩石学的特性を Table 1 に示す。噴出年代は放射年代値・層位などをはじめとする各種のデータから総合的に判断したものであり、鈴木・村田 (2011) と Suzuki et al. (2011) による。

地域概要

関東平野西縁となる東京西部から埼玉西部にかけての多摩地域は、関東山地から突き出た半島のように発達する複数の丘陵群と、関東山地から離れて発達する狭山丘陵が分布する。それらの丘陵は中期更新世の河成段丘に起源をもち、その段丘構成層は、下位の前期更新世 (一部、鮮新世) 堆積物を不整合に覆う。これらの堆積物は古くから研究がなされ (大塚, 1932 など)、かつては三浦層群とよばれていたこともあるが、現在はその大部分が房総半島を模式地とする上総層群に相当すると考えられている。多摩地域の上総層群は地表に露出する部分だけでも層厚が 700 m 以上あるが、丘陵地域

Fig. 1. Tectonic setting of the Kanto Plain originated from a paleo-forearc basin. Forearc basin: Sugiyama (1989) and Iwata et al. (2002), Kazusa Trough: Kaizuka (1984). Triangular shows volcanic field area discussed in this study.

だけでなく、台地・低地も含めた関東平野の地下に広く続き、下位の三浦層群とは黒滝不整合を挟んで接する (高野, 1994; 高橋ほか, 2005)。上総層群は関東平野の形成過程を復元する上で重要な堆積物である。以下、本巡検の対象地域となる狭山丘陵と多摩丘陵の地形・地質概要を述べる。

1. 狭山丘陵と狭山層

武蔵野台地西部に発達する狭山丘陵は背面が狭山面とよばれ、中期更新世初頭に堆積した^{いもくぼ}芋窪礫層 (扇状地堆積物) の堆積面が開析されて形成された地形である (貝塚ほか, 2000)。その西端には活断層である立川断層帯 (Fig. 2) が通過し、丘陵の成因に相対的北東隆起の断層活動が関係するとみられる。芋窪礫層に不整合に覆われる上総層群相当層を本研究では植木・酒井 (2007) にない狭山層とよぶ。かつて狭山層は上位から芋窪礫層、谷ツ粘土層、^{みつぎ}三ツ木礫層により構成され、それらは整合に重なりとされた (羽鳥・寿円, 1958) が、後に芋窪礫層と谷ツ粘土層は不整合関係にあるとされている (埼玉日曜巡検会・関東第四紀研究会, 1970)。谷ツ粘土層は層厚 15 m 程度の貝化石と植物化石を含むシルト～泥岩を主とした堆積物で、三ツ木礫層は凝灰質な部分を含む層厚 80 m 程度のシルト・砂・礫の互層からなる (森ほか, 1974)。狭山層の堆積環境を示す化石として、内湾湾奥部の干潟環境や純淡水を示す貝化石、内湾性の干潟・潮間帯・潮間帯下部の堆積環境を示す生痕化石をはじめ、珪藻化石、花粉化石、樹幹化石の産出が報告されている (武蔵村山市史編さん委員会, 1999)。

狭山層中のテフラについては 2000 年以降多くの報告がな

Table 1. Petrographic properties of representative tephra in the Sayama and Tama Hills.

Tephra and type locality	Area of source volcano	Age (Ma)	Characteristic properties													
			Mineral composition Shape of glass shards	Refractive index		Major element compositions of volcanic glass shards (wt.%)										
				gl: volcanic glass opx: orthopyroxene	ho: hornblende cum: cummingtonite	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	K ₂ O	Na ₂ O	Total	Ana-lytical total
SAYAMA HILLS Sayama Gomashio (SGO) Sanpoiri, Tokorozawa (Stop 1)	Kanto Mts.	1.63	gl: weathered ho,mt>cum(bi,qt)	gl: weathered	ho:1.666-1.671 cum:1.654-1.659	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
TAMA HILLS Hisamoto-Kd16 (HM-Kd16) Suenaga, Takatsu, Kawasaki	Kyushu	1.34	bi,ho str,fb>sb,bw	gl:1.498-1.501	ho:1.704-1.710 ho:1.676-1.686	78.8 0.3	0.2 0.1	12.3 0.2	1.0 0.1	0.1 0.1	0.2 0.1	0.4 0.1	4.0 0.2	3.2 0.2	100.0 0.0	94.0 1.1
Goshoyama (GS) Wadayama, Naka, Yokohama	Chubu ?		(ho) fib,spg	gl:1.500-1.501		77.0 0.3	0.1 0.1	12.6 0.1	1.5 0.1	0.1 0.0	0.1 0.0	0.1 0.1	5.3 0.2	3.2 0.1	100.0 0.0	95.5 2.2
Nishikubo (NK) Wadayama, Naka, Yokohama	Chubu ?	1.39	(ho,cpx) str,spg>bw	gl:1.498-1.500		77.6 0.3	0.1 0.0	12.5 0.1	1.5 0.1	0.1 0.0	0.0 0.1	0.0 0.1	5.0 0.2	3.2 0.2	100.0 0.0	94.2 1.1
Noborito-Kd17	Chubu ?	1.40	(opx,ho) fib	gl:1.498-1.501		77.0 0.2	0.1 0.1	12.5 0.1	1.5 0.1	0.1 0.0	0.0 0.1	0.1 0.1	5.2 0.4	3.5 0.3	100.0 0.0	95.3 0.8
Sengen-Kd18 (SG-Kd18) East of Tsunashima, Kohoku, Yokohama (Stop 5)	Aizu	1.40	opx,cpx bw,spg,str,fib,sb	gl:1.502-1.505 opx:1.708-1.713		78.7 0.5	0.3 0.1	11.6 0.3	1.8 0.1	0.1 0.1	0.3 0.1	1.3 0.1	2.8 0.1	3.2 0.2	100.0 0.0	93.0 1.4
Miyata (MT) East of Tsunashima, Kohoku, Yokohama (Stop 5)	?	1.41	ho>opx(cum) spg	gl:1.506-1.509		76.8 0.2	0.3 0.1	13.0 0.1	1.7 0.2	0.1 0.0	0.4 0.0	1.7 0.1	2.6 0.1	3.4 0.2	100.0 0.0	93.4 2.5
Negata-Yurigaoka (NG-YR) Back of Anazawaten Shrine, Yanokuchi, Inagi (Stop 4)	Chubu ?	1.42	(bi) spg	gl:1.501-1.503		76.4 0.2	0.1 0.1	12.9 0.1	1.7 0.1	0.0 0.1	0.1 0.0	0.3 0.1	4.7 0.2	3.7 0.2	100.0 0.0	99.1 0.9
Yuki (YU) Back of Anazawaten Shrine, Yanokuchi, Inagi (Stop 4)	?		ho spg,fib	gl:1.507-1.511 ho:1.675-1.680		75.9 0.5	0.3 0.0	13.9 0.2	1.7 0.1	0.1 0.1	0.5 0.1	2.1 0.2	1.9 0.1	3.6 0.2	100.0 0.0	99.7 0.7
Yomiuri (YM) South of Keio Yomiuri-land Station,Yanokuchi, Inagi Kurokawa (KK)	Chubu ?	1.43	(opx,ho,qt) str,fib,spg	gl:1.499-1.501 opx:1.707-1.718	ho:1.696-1.701 ho:1.674-1.678	77.1 0.3	0.1 0.1	12.6 0.1	1.5 0.1	0.1 0.1	0.0 0.0	0.1 0.1	5.0 0.4	3.5 0.2	100.0 0.0	98.5 0.9
North of Wakabadai Station, Inagi Byobugaura Ob4b-1 (=HU1) Naganuma Park, Naganuma, Hachioji (Near Stop 3)	Chubu ?	1.45	(opx) str>spg,fib,bw,sb	gl:1.499-1.501 opx:1.759-1.765		77.8 0.3	0.1 0.1	12.3 0.1	1.3 0.1	0.1 0.0	0.1 0.0	0.0 0.2	4.9 0.1	3.4 0.1	100.0 0.0	99.1 0.8
Omine-SK110 (=HU2) (Near Stop 3)	Kanto Mts.	1.63	ho,mt>cum spg	gl:1.505-1.507 opx:1.702-1.706	ho:1.666-1.673 cum:1.656-1.661	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	Hida Mts.	1.63	bi>>opx,mt str,bw,fib,spg	gl:1.498-1.500		78.4 0.3	0.1 0.1	12.3 0.1	1.1 0.1	0.1 0.0	0.1 0.0	0.2 0.1	4.9 0.2	2.9 0.2	100.0 0.0	93.4 1.3

bw: bubble-wall type of glass shards, str: stripe type of glass shards, fib: fiber type of glass shards, spg: sponge type of glass shards

opx: orthopyroxene, cpx: clinopyroxene, ho: hornblende, cum: cummingtonite, mt: titanomagnetite, bi: biotite, qt: quartz

Refractive indices are determined with RIMS2000.

Major element compositions of volcanic glass shards: Recalculated to 100% on a volatile-free basis. All values are presented as a mean and standard deviation of n shard analyses.

Determined by JSM-6930 and JEOL JED-2300 energy dispersive X-ray spectrometry using a 1.2 nA current at 15 kV.

され、それらは上位から芋窪テフラ、蔵敷テフラ(福嶋・植木, 2007), 狭山ゴマシオ火山灰層(SGO; 田浦ほか, 2004), 狭山ガラス質テフラ層(SYG; 正田ほか, 2005), 箱根ヶ崎テフラ群(鈴木ほか, 2008)などであり、各地のテフラとの対比も試みられている。

2. 多摩丘陵と上総層群

東京都八王子市西部から三浦半島にかけて発達する多摩丘陵は、北部で北西-南東方向、南部で南北方向に細長く伸び、関東山地に接する北西端で標高 200 m 程、中央部の下末吉台地と接する付近で 90-70 m と高度を下げる(Fig. 2)。本稿では多摩丘陵北西部と同中部を神奈川県川崎市登戸から東京都町田市図師付近を通過する鶴川撓曲(菊地, 1982)を境界として区分する。

1930 年前後から研究されてきた多摩丘陵における上総層群の研究史は長いが、第二次世界戦後に研究が本格化した(神奈川県知事公室企画審議課, 1955; 関東第四紀研究会, 1970; 三梨・菊地, 1982; 岡ほか, 1984; 高野, 1994; 植木・酒井, 2007; 植木ほか, 2013 など)。多摩丘陵北西部および中部における上総層群の層序・年代・堆積環境・構造は、高野(1994)により整理され、それぞれ下位より寺田層、大矢

部層、平山層、小山田層、連光寺層、稲城層、出店層の 7 累層、鶴川層、柿生層、王禅寺層、飯室層、高津層の 5 累層に区分されている(Fig. 3)。

各地域間での堆積物の層序関係は、主に岩相やテフラに基づき行われてきた。テフラ記載は神奈川県知事公室企画審議課(1955)以降、多くの研究があり、房総半島の上総層群中のテフラとの対比案も示されたが(三梨ほか, 1979; 三梨・菊地, 1982 など)、2000 年代以降それまでのテフラ対比が再検討され、種々の記載岩石学的性質に基づく新たな対比案が示された(倉川・多摩川足跡化石発掘調査団, 2000; 高野, 2002; 藤岡ほか, 2003)。その後鈴木・村田(2011)により、多摩丘陵をはじめ、東京地下、房総半島、銚子地域において房総半島の上総層群黄和田層中部とその相当層中テフラについて、記載岩石学的性質が明らかにされ、それらの対比が試みられた(Fig. 4)。それらテフラは上位から HM-Kd16, GS, NK, NB-Kd17, SG-Kd18, MT, Kd19, NG-YR, YU, PK, YM, KK, TN, Sr-Kmd, Ob4e-Kd23A, Ob4d-Kd23B, Ob4c-Kd24, 屏風ヶ浦 Ob4b テフラ群の 4 テフラ(Ob4b-6, -5, -4, -1), Omn-SK110 の計 22 テフラであり、多摩丘陵に分布する最下位のテフラ群を除く多く

Fig. 2. Index map of the excursion area. Produced from 5-m-mesh DEM of the Geospatial Information Authority of Japan.

TAMA HILLS			TOKYO UNDERGROUND	BOSO	CHOSHI
Northwest part	Central part	South part			
			Edogawa F.	Kokumoto F.	Yokone F.
				Umegase F.	
			Toneri F.	Otadai F.	
			Higashi-kurume F.		
	Takatsu F.				
	Iimuro F.	Hama F.			
		NaKazato F.			
Dedana F.	Ozenji F.				
Inagi F.	Kakio F.	Koshiba F.			
Renkoji F.					
Oyamada F.					
Hirayama F.	Tsurukawa F.				
Oyabe F.		Ofuna F.			
		Nojima F.			
Terada F.		Urago F.			
			Kita-tama F.	Kiwada F.	
				Ohara F.	
					Kasuga F.
					Obama F.

Fig. 3. Stratigraphy of the Kazusa Group. Compiled from Takano (1994), Mitsunashi and Kikuchi (1982), Eto (1986), Tokyo Metropolitan Institute of Civil Engineering (1996), Suzuki et al. (1995) and Sakai (1990). The stratigraphic relations of among the formations among of these areas are after Fujioka and Kameo (2004), and Suzuki and Murata (2011).

のものに相当する。これらテフラはまた銚子地域における石灰質ナノ化石対比基準面 9–11 の層位とその年代より、降下年代が 1.343–1.633 Ma にあると推定されている。

一方、石灰質ナノ化石による微化石層序(高野, 1994; 藤岡ほか, 2003; 江藤ほか, 1987), 放射年代測定(伊藤ほか, 2002), 古地磁気層序(畝村ほか, 1986; 植木ほか, 2013)などの研究も行われている。

多摩丘陵の上総層群の特徴の一つとして、鶴川撓曲を挟んで北西部と中部では、堆積環境のちがいが大きく異なることがあげられる。北西部では上総層群は北東方向に緩く傾斜し、礫層・シルト層・砂層を 1 サイクルとして複数のサイクルが累重するため層相変化が著しい。このうち小山田層, 連光寺層, 稲城層はいずれも下位より河川性礫層, 泥層(干潟・汽水内湾性), 砂層(海浜・浅海性)からなる堆積サ

Fig. 4. Correlation of tephra in the Kazusa Group. Modified from Suzuki and Murata (2011), and ages of calcareous nanofossil datum are after Sato et al. (2009).

Fig. 5. Accumulation rate of the Kazusa Group in the Tama Hills, southeast of the Musashino Upland, Boso Peninsula and Choshi area. After Suzuki and Murata (2011).

イクルを示す。この堆積サイクルの存在は、多摩丘陵北西部が関東平野縁辺部にかけては当時の水深が浅く、氷河性海面変化の影響を受けやすかったことを反映していると考えられている(高野, 1994)。これらの主体は厚い砂層であり、特に厚い稲城層上部は三角州の前置層と解釈された(岡ほか, 1984)。これに対して同撓曲東側の多摩丘陵中部の上総層群は砂層・泥層が卓越し、この様な明瞭なサイクルは認めがたい。明瞭なサイクルが認められないのは、多摩丘陵中部が同北西部に対して相対的に沈降しながら厚い堆積物が堆積した(菊地, 1982)ことや、鶴川撓曲付近の堆積環境が大陸棚周辺であり、東側ではさらに深い堆積環境であった(高野, 1994)ことから説明されている。

こうした堆積環境の違いは堆積速度にも表れている。多摩丘陵では堆積速度が相対的に大きい。すなわち房総半島の養老川地域に分布する上総層群と同等であり、多摩川を挟み北東に隣接する武蔵野台地南東部(大田区)付近に分布する上総層群に比べて有意に大きい(Fig. 5)。養老川流域と武蔵野台地南東部の堆積速度の違いは、前者は深海平坦面にあたり堆積物が埋積し厚い地層が形成される場(遠藤ほか, 1991)に位置するのに対して、後者は外洋性・半深海性という堆積環境であり、堆積物が移動する通路側に位置することで説明されている(佐藤ほか, 2004)。

一方で、多摩丘陵中部における堆積速度は養老川よりもさらに大きい。とくに鶴川撓曲東側付近で大きいのが、その理由は前述したように沈降傾向と深い堆積場であることに加え、養老川よりも堆積物を供給する後背地(関東山地)により近接

するという地理的条件を反映したことも考えられる(鈴木・村田, 2011)。これに対し、多摩丘陵北西部では平均的には養老川地域と武蔵野台地南東部の中間的な堆積速度を示す。実際には氷河性海面変化を反映し堆積環境の変化に応じて層相変化が著しいため堆積速度は一定でなかったと考えられる。

見学地点

Stop 1 狭山丘陵、狭山層とそれに含まれる狭山ゴマシオテフラ(SGO)の露頭

[地形図] 1 : 25,000「所沢」

[位置] 35°46'12"N, 139°23'7"E. 埼玉県所沢市三方入、河食崖。

[解説] 狭山丘陵西部三方入(Fig. 6, 標高 128 m)では狭山層の砂層中に SGO(田浦ほか, 2004)が介在する(Fig. 7)。本テフラは層厚 100 cm の斑晶が目立つ白色降下軽石層であり、粒径は 2 cm である。風化が進行し軽石の火山ガラス部は粘土化しているものの、名称の由来となる有色鉱物はよく残されており、ホルンブレンド、チタン磁鉄鉱、カミングトン閃石、微量の黒雲母と石英が認められる。これらの岩石記載学的特性として、ホルンブレンドとカミングトン閃石の屈折率(n_2)がそれぞれ 1.666–1.671, 1.654–1.659 であり(Table 1)、またチタン磁鉄鉱の主成分化学組成も Suzuki et al. (2016)により示されている。

SGO は、狭山丘陵北西約 7 km の阿須山丘陵の仏子層中の E1 テフラへ対比されている(田浦ほか, 2004)ほか、多摩丘陵から武蔵野台地地下で広く追跡されている第 1 堀之内テフラ(HU₁, 高野, 1994)や屏風ヶ浦 Ob4b-1 テフラ(Ob4b-1 鈴木・村田, 2011; Suzuki et al., 2011)とも対比された(中島・鈴木, 2014; Suzuki et al., 2016)。本テフラの認定は、ホルンブレンド、カミングトン閃石など特徴的な鉱物とその屈折率、また火山ガラスとチタン磁鉄鉱の主成分化学組成など多角的な岩石記載学的特性(Table 1)に基づく。本テフラの降下年代は、千葉県東端に位置する屏風ヶ浦の犬吠層群小浜層中での層位と石灰質ナノ化石対比層準面との層位関係から 1.63 Ma と推定されている(鈴木・村田, 2011)。狭山丘陵内では、Stop 1 地点の北西 1.5 km 地点において、本層の下位に 1.706–1.763 Ma (Suzuki et al., 2011)と年代推定された狭山ガラス質テフラ層(SYG; 正田ほか, 2005)が産出する。

本テフラ(以降、Ob4b-1 とよぶ)に関する興味深いテーマとして給源火山に関する問題と降下当時の関東付近における古地理(Stop 2 で解説)があげられる。Ob4b-1 の層厚は狭山丘陵(Stop 1)で 1 m、その東南東方 4.5 km の東和市奈良橋三丁目の地下では再堆積も含めて 9.7 m に及ぶが、南方の立川市榎および同市富士見町での地下や多摩川河床(Stop 2)、八王子市長沼(Stop 3)では 50 cm 以下と層厚を減ずる(Suzuki et al., 2016)。また、遠隔地では屏風ヶ浦で検出されているが、これに相当するテフラは房総半島では知られていない。以上のようにデータは少ないが東京北部～埼玉南部から千葉県北部にかけて分布域を持つとみられる。こ

Fig. 6. Maps showing locations of stops.

の様な分布と粒径が数 cm であること、またホルンブレンドとカミングトン閃石を特徴的に含む点は、多摩丘陵から埼玉県秩父盆地、狭山丘陵にかけて分布する中期更新世のテフラ群 (例えば鈴木, 2000 や坂田ほか, 2012 など) と類似する。これらの給源火山はまだよく分かっていないが、粒度や斑晶鉱物の組合せから中期更新世に爆発的噴火を繰り返していた関東山地南西端に位置する黒富士火山 (竹下, 2005) の可能性がある。Ob4b-1 も同様に黒富士火山やその近傍に給源火口

が存在する可能性があり、1.6 Ma 頃の同地域の火山活動の指標になり得る。

Stop 2 多摩川河床、上総層群小山田層とそれに含まれる第 1 堀之内テフラ (HU_1) と第 2 堀之内テフラ (HU_2) の露頭

[地形図] 1 : 25,000「立川」

[位置] $35^{\circ}41'11''N$, $139^{\circ}23'39''E$ (Stop 2-c). 日野市栄町

Fig. 7. Stratigraphic columns of each the sections are shown in Fig. 2. Modified from Suzuki and Murata (2011).

Fig. 8. Landform and the summit level map of the Tama Hills.

(a) & (b): YM at 420 m west of Stop 4 in the Inagi Formation

(c): NG-YR and facies of the sediment just above NG-YR.

Fig. 9. NG-YR and YM tephra cropped out at Stop 4 and at 420 m west of Stop 4, respectively.

2 丁目、多摩川河川敷 JR 中央線鉄橋上流.

[解 説] 温暖期に相当する現在では、多摩川の中流から上流域にかけては河床が下刻傾向にある。このため多くの地点において段丘構成層の基盤となる上総層群が現河床沿いに露出する。加住丘陵から流下する谷地川が多摩川に合流する Stop 2 付近 (Fig. 6; JR 中央線鉄橋の上流約 1 km の区間) では同層群中の小山田層が露出する。小山田層は礫層からなる下部、シルト層からなる中部、砂層からなる上部に区分されており (高野, 1994), Stop 2 では下部 (Stop 2-a 付近) および中部 (Stop 2-b・Stop 2-c 付近) が観察できる。

Stop 2 付近の小山田層についてはテフラと足跡化石の報告がなされており (倉川・足跡化石発掘調査団, 2000; 多摩川足跡化石調査団, 2002; 福嶋, 2009), Stop 2-b 付近でガラス質降下火山灰層である第 2 堀之内テフラ (HU₂, 高野,

1994), Stop 2-c 付近で降下軽石層である第 1 堀之内テフラ (HU₁) (=Ob4b-1) が観察できる。HU₂ は房総半島の上総層群黄和田層中の Kd25 に対比されており, 大峰-SK110 テフラ (長橋ほか, 2000) や大峰テフラ (Omn, 町田・新井, 2003) ともよばれている。同テフラは飛騨山脈の火山を給源とし, 中部日本から東北日本の各地で分布が確認されている前期更新世初頭の重要指標テフラで, その噴出年代は生層序, 古地磁気層序, 放射年代値などから 1.60–1.65 Ma 前後と推定されている (里口ほか, 1999; 長橋ほか, 2000; 町田・新井, 2003)。関東では Kd25 の模式地である養老川 (長橋ほか, 2000) をはじめ, 多摩丘陵西部の小山田層中, 多摩丘陵南部の小柴層中 (藤岡ほか, 2003), 東京都内地下 (佐藤ほか, 2004; Suzuki et al., 2011), 銚子地域の犬吠層群中 (藤岡・亀尾, 2004) で本テフラの存在が知られている。

一方のOb4b-1についてはすでにStop 1で述べたように、都内では多摩地域から大田区、埼玉県では狭山丘陵・阿須山丘陵、最遠隔地では千葉県東端屏風ヶ浦において分布が確認されている(鈴木・村田, 2011; Suzuki et al., 2011). Stop 2-c 付近ではOb4b-1を含むシルト層中にメタセコイア属の化石林(直立樹幹), 長鼻類, 偶蹄類の足跡化石がみられる。このことからOb4b-1降下当時, 付近は低湿地であったと考えられる。

Ob4b-1は, Stop2-cでは標高70.0 mの低湿地の堆積環境を示す陸成シルト層中に, Stop1では標高128 mの海成砂層中に, 稲城市東長沼の地下および三鷹市牟礼四丁目の地下ではそれぞれ標高-285.5 m, -377.04 mの海成シルト層中に, 大田区萩中公園地下では標高-99.77 mの外洋性~半深海成のシルト層中に含まれる。当時, 立川~八王子にかけては, 氷河性海面変動の影響を大きく受ける陸棚以浅であったのに対し, 稲城, 三鷹から武蔵野台地東南部にかけては大陸棚よりも深い環境であったと考えられる。このようにOb4b-1の堆積環境は地域により大きく異なっていた。

Stop 3 都立長沼公園, 平山層, 小山田層とそれに含まれる第1堀之内テフラ(HU₁), 御殿峠礫層の露頭

[地形図]1:25,000「八王子」

[位置]35°38'12"N, 139°22'12"E. 八王子市長沼, 都立長沼公園一帯。

[解説]多摩丘陵北西部に位置する都立長沼公園(Stop 3)は, 多摩ニュータウンによる造成工事の影響を受けることなく, 自然環境が良好に残されている(Fig. 6)。浅川沿いの沖積低地に隣接するため急勾配な谷が発達し, 多摩丘陵を構成する堆積物が良好に観察できる。

長沼公園に露出する上総層群は, 平山層, 小山田層である。また, それを覆う中期更新世の扇状地堆積物である御殿峠礫層も観察できる。本巡検では, 長沼駅側の公園入口から南下しながら稜線を目ざし, 遊歩道「霧降の道」沿いで下位から上位へ堆積物を観察する。最初に観察できるのは平山層の砂層でところにより二枚貝の印象化石や底生生物の生痕化石がみられる。引き続き小山田層の下部を構成する礫層, 中部のシルト層とその中のOb4b-1(=HU₁)を観察できる。HU₂(=大峰-SK110 テフラ)は霧降の道沿いでは露出がなく観察できないが, 公園内の他の場所では露出する。

小山田層の上位には不整合関係で御殿峠礫層がのるがその基底は不明瞭である。御殿峠礫層の礫は上総層群中の礫に比べると風化が著しく進行しており, クサリ礫となっている。堆積年代が若いにもかかわらずより風化が進行しているのは, 堆積後の保存環境によるのであろう。御殿峠礫層の特徴は, 石英閃緑岩の礫を含むこと, 多摩丘陵北西部の稜線のみ分布しその高度が北東方向に低下する(Fig. 8)ことである。このことから御殿峠礫層を堆積させた扇状地は相模川のものであり, 当時の水系が現在とは大きく異なること, その堆積年代は被覆する多摩ローム層からおおよそ0.60–0.50 Maであるとされている(貝塚ほか, 2000)。しかしStop 3付近では, 御殿峠礫層は保存されているもののローム層は侵

食によりほとんど残されていないため, 同礫層の堆積年代を検討できない。

Stop 4 稲城層とそれに含まれる根方-百合ヶ丘テフラ(NG-YR)の露頭

[地形図]1:25,000「溝口」

[位置]35°37'58"N, 139°31'21"E. 稲城市矢野口, 京王よみうりランド駅東方穴澤天神社拝殿裏。

[解説]多摩川の沖積低地に面した多摩丘陵北東端, 稲城市矢野口の穴澤天神社付近は比較的露頭状況がよく, 稲城層上部砂層とそれに含まれるテフラがよく観察できる(Fig. 7)。とくに穴澤天神社拝殿裏(Stop 4)が良好であり, 同地点では層厚42 cmの明瞭なガラス質火山灰層とその上位に極めて特徴的な著しいラミナ構造をもつ砂層が観察できる(Fig. 9)。火山灰層はかつて根方^{ねがた}タフ(NG, 神奈川県知事公室企画審議課, 1955; 稲城市, 1991)と命名されたものである。NGは, 三梨・菊地(1982), 岡ほか(1984)により多摩丘陵各地で記載されており, 高野(1994)は川崎市麻生区万福寺や町田市付近に追跡している。このようにNGは従来からよく注目され, 多摩丘陵に分布する上総層群の重要な鍵層であった。しかし鈴木・村田(2011)は異なる見解を示した。それによれば, 高野(1994)によるNGの模式地近傍の町田市三輪町, 岡ほか(1984)ならびに高野(1994)による川崎市麻生区万福寺, それぞれの地域でNGとされたテフラは, NGの下位に位置する読売テフラ(YM, 鈴木・村田, 2011)に対比された(Fig. 4)。YMの模式地はStop 4の西方420 m付近であり, 京王よみうりランド駅南側に2007年頃に工事で露出したが(Fig. 9), 現在はコンクリート擁壁に覆われている。穴澤天神社裏のNGに相当するテフラは高野(1994)の第2百合ヶ丘タフ(YR₂)に相当し, 万福寺付近では従来のNGより上位に位置する。こうした経緯から穴澤天神社裏を模式地として本テフラは根方-百合ヶ丘テフラ(NG-YR)と再定義された。このような対比・認定の根拠は記載岩石学的特性に基づくものであり, NG-YRとYMは火山ガラスの形状・屈折率・化学組成で識別できる(Table 1)。NG-YRは, 杉並区和田堀公園, 大田区萩中公園の地下をはじめ, 房総半島中部(千葉県立中央博物館(1991)ではKd21とされたテフラ)や屏風ヶ浦でも認定され, 噴出年代は1.42 Maと推定された(鈴木・村田, 2011)。また, Stop 4においてはNG-YRの下位2.2 m付近の砂層中に層厚5 cmの軽石層が存在する。これは高野(1994)によるタ木タフ(YU)と対比できる。その根拠は, 火山ガラスとホルンブレンドの屈折率, また火山ガラスの主成分化学組成であり, いずれも万福寺のものと一致する。穴澤天神社でのYUの検出は, NG-YRの万福寺-穴澤天神社間の対比を裏づける。

Stop 4でのトピックの一つは, NG-YRの直上に特徴的にみられる, 極めて層理が発達した凝灰質砂層である(Fig. 7, 9)。同層準には, 当時の陸側方向と推定される北や西方向への古流向を示す斜交層理や, 潮汐のようなリズミカルな流向・流速の変化を示唆するレンズ状層理などの堆積構造が認められ, 外洋と内湾・干潟境界のバリアー島のwashover

や上げ潮三角州(例えば Reinson, 1992)の堆積物である可能性が指摘されている(白井・今村, 2013). さらに同層準下位には生物擾乱を著しく受け, 淘汰が極めて悪く, 部分的にトラフ型斜交層理を残すエスチュアリー堆積物があることと, 上位には HCS が発達する下部外浜堆積物が一部で確認されることから, 海進に伴うバリアー島移動を推定している. 多摩丘陵の上総層群ではこれまでバリアー島の存在を示唆する堆積物が報告されていなかった(白井・今村, 2013)ので, 当時の古地理を復元する上で重要なデータとなる.

Stop 5 王禅寺層とそれに含まれる浅間-Kd18 テフラ (SG-Kd18)と宮田テフラ(MT)の露頭

[地形図] 1:25,000[川崎]

[位置] 35°32'18"N, 139°38'17"E. 横浜市港北区綱島東, 綱島諏訪神社.

[解説] 多摩丘陵中部(鶴川撓曲の東側)では上総層群は砂層・泥層を主体とした岩相を示す. それらは下位から鶴川層, 柿生層, 王禅寺層, 飯室層, 高津層と累層区分されており(Fig. 3), それらと多摩丘陵西部をはじめ関東各地の上総層群累層との関係を明らかにするにはテフラを欠かせない. Stop 5 ではその対比の根幹をなす王禅寺層上部に含まれる浅間-Kd18 テフラ(SG-Kd18)とそのやや下位に位置する宮田テフラ(MT)を観察する.

浅間-Kd18 テフラ(SG-Kd18)は層厚 30 cm の薄い桃色のガラス質火山灰で, 最上部 3 cm の細粒軽石からなる部分を除くと全体的に正級化している. 相対的に粗粒である最下部 1 cm では粗粒砂サイズの火山ガラスと斑晶鉱物からなり, 上部 10 cm はわずかに葉理が発達した細粒ガラス質火山灰層で再堆積の可能性がある. 本テフラはスポンジ状軽石型, バブルウォール型, 繊維状軽石型の火山ガラスに富み, 斜方輝石, 単斜輝石, チタン磁鉄鉱を含み, 火山ガラスの屈折率が 1.502–1.505, 斜方輝石の最大屈折率が 1.708–1.713 である. 火山ガラスの化学成分は SiO_2 , CaO の平均重量% がそれぞれ 78.19, 1.62 wt.% と高く, K_2O のそれが 2.53 wt.% とやや低いという特徴をもつ(Table 1). この様な記載岩石学的特性に基づき, 房総半島養老川沿いの黄和田層(Kd18), 銚子地域の小浜層上部, 大田区鵜の木, 同区多摩川台公園地下の北多摩層など南関東に広く追跡されており, 浅間-Kd18 テフラ(SG-Kd18)と定義された(鈴木・村田, 2011).

本テフラは $\text{Fe}/\text{Fe}+\text{Mg}$ モル比と La/Y 比の特徴から, 東北地方の火山に給源をもつ可能性が高いことが以前から指摘されており(鈴木, 2004), 坂井・黒川(2005)は南東北会津地域(Fig. 1)の芦野火砕流堆積物(吉田・高橋, 1991, 白河火砕流堆積物群の 1 つ)に対比できるとした. 一方, 村田・鈴木(2011)は, 本テフラを芦野火砕流堆積物の下位にある赤井火砕流堆積物に対比した. この他に上総層群中には会津地域を給源とする白河火砕流堆積物群に対比できる降下テフラとして, 下位から白河-隈戸テフラ(多摩丘陵中部の柿生層中の金井テフラに相当), Kd8(芦野火砕流堆積物に対比)が報告されており(鈴木・村田, 2008; 村田・鈴木, 2011), 東

北地方におけるカルデラ噴火が関東地域に降下テフラを供給してきたことを示している. 一般にカルデラ地域では近傍相としての火砕流堆積物が厚く保存されているが, その分複数の火砕流堆積物の層位関係が不明な場合も多く, 層序の確立に困難を伴う場合もある. これに対して, 近傍相と遠方相の対比さえ確実であれば遠隔地でカルデラ噴火による噴出物の層序を確立できる場合があり, 噴出年代も生層序や古地磁気層序, 同位体比層序などから検討することが可能となる. 上総層群中における白河火砕流堆積物群に対比できる降下テフラの認定は, このようにカルデラ噴火噴出物の層序確立に貢献した.

宮田テフラ(MT)は王禅寺層中部に含まれるホルンブレンドと斜方輝石に富む結晶質～細粒軽石からなるゴマシオ状のテフラ層である. 本地点では層厚 32 cm であり, 斑晶鉱物のよく目立つ結晶質テフラとして認められる. その特徴的な特性をもとに多摩丘陵西部の北部まで広く追跡されており, 関戸橋南側付近では稲城層最上部に挟まれる(高野, 1994). その他本テフラは大田区鵜の木地下の北多摩層や銚子地域の小浜層でも検出されている(鈴木・村田, 2011).

おわりに

東北日本弧・西南日本弧接合部にあたる関東南部地域には多数の第四紀テフラが分布する. これらを利用して, かつての前弧海盆やその周辺域に堆積した上総層群の編年学的研究を進展させることができ, 応用研究として, 関東平野における前期更新世の地形発達・古地理, 前期更新世以降の地殻変動, 上総層群にテフラを供給した前期更新世の爆発的火山噴火など, これらの復元が期待される. しかしながら関東平野の広大な地下に埋もれたテフラについては未解明な点が多く, 今後の調査研究が望まれる. 今回の巡検を通して多くの研究者に火山灰編年学を行う上での本地域の面白さを認知して頂き, 今後の本地域における火山灰編年学研究の発展に繋がれば幸いである.

謝 辞

本巡検実施及びその基礎となる研究において, 東京都水道局, 稲城市穴澤天神社, 横浜市綱島諏訪神社, 万福寺工事事務所ならびに株式会社よみうりランドの関係者各位には, 調査に際して敷地内あるいは工事現場への立ち入り許可を頂いた. ここに記して厚く御礼申し上げます.

文 献

- 千葉県立中央博物館(Natural History Museum and Institute, Chiba), 1991, 地学資料 上総層群下部鍵層集(1990 年版) (*Geoscience data: Catalog of Key Beds in the Lower Part of Kazusa Group version 1990*)*. 千葉県立中央博物館(Natural History Museum and Institute, Chiba), 218p.
- 遠藤秀典・上嶋正人・山崎俊嗣・高山俊昭(Endo, H., Kamishima, M., Yamazaki, T. and Takayama, T.), 1991, 東京都江戸川区 GS-ED-1 ボーリングコアの古地磁気・石灰質ナノ化石層. 地質雑(*Jour. Geol. Soc. Japan*), **97**, 419–430.
- 江藤哲人(Eto, T.), 1986, 三浦半島の三浦・上総両層群の層位学的研究. 横浜国立大学紀要, 第 2 類(*Sci. Rep. Yokohama Nat. Univ.*

- Sec. II, Biol. and Geol.*), **33**, 107–132.
- 江藤哲人・尾田太良・長谷川四郎・本田信幸・船山政昭(Eto, T., Oda, T., Hasegawa, S., Honda, N. and Funayama, M.), 1987, 三浦半島中・北部の新生界の微化石生層序年代と古環境. 横浜国立大学紀要, 第2類(*Sci. Rep. Yokohama Nat. Univ. Sec. II, Biol. and Geol.*), **34**, 41–57.
- 藤岡導明・亀尾浩司(Fujioka, M. and Kameo, K.), 2004, テフラ鍵層に基づく銚子地域の小浜層と房総半島の上総層群黄和田層, 大田代層および梅ヶ瀬層との対比. 地質雑(Jour. Geol. Soc. Japan), **110**, 480–496.
- 藤岡導明・亀尾浩司・小竹信宏(Fujioka, M., Kameo, K. and Kotate, N.), 2003, テフラ鍵層に基づく横浜地域の大船層・小柴層と房総半島の黄和田層との対比. 地質雑(Jour. Geol. Soc. Japan), **109**, 166–178.
- 福岡 徹(Fukushima, T.), 2009, 多摩川河床に見られる下部更新統上総層群の長鼻類・偶蹄類足跡化石群の分布調査(*Survey of the distribution of proboscidean and cloven-hoofed animal footprint fossil groups in the lower Pleistocene series Kazusa level group seen in the bed of the Tama River*). 財団法人とうきゅう環境浄化財団(The Tokyu Foundation for Better Environment), 299p.
- 福岡 徹・植木岳雪(Fukushima, T. and Ueki, T.), 2007, 狭山丘陵の下部更新統・狭山層上位に挟まれる軽石質テフラのフィッシュントラック年代. 日本地球惑星科学2007年大会予稿集(*Japan Geosci. Union Meet. 2007, Abstr.*), Q139–005.
- 羽鳥謙三・寿円晋吾(Hatori, K. and Juen, S.), 1958, 関東盆地西縁の第四紀地史(Ⅱ)狭山, 加住丘陵の地形と地質. 地質雑(Jour. Geol. Soc. Japan), **64**, 232–249.
- 伊田一善・三梨 昂・影山邦夫(Ida, K., Mitsunashi, T. and Kageyama, K.), 1956, 関東地方の地層の大区分について. 地調月報(*Bull. Geol. Surv. Japan*), **7**, 435–436.
- 稲城市(Inagi City, ed.), 1991, 稲城市史上巻(*History of Inagi City Part I*)*. 稲城市(Inagi City), 971p.
- 伊藤久敏・谷口友規・篠原謙太郎・江藤哲人(Ito, H., Taniguchi, T., Shinohara, K. and Eto, T.), 2002, 多摩丘陵上総層群に含まれる前期更新世テフラのフィッシュン・トラック年代. 第四紀研究(*Quatern. Res.*), **41**, 421–426.
- 岩田尊夫・平井明夫・稲場土誌典・平野真史(Iwata, T., Hirai, A., Inaba, T. and Hirano, M.), 2002, 常磐沖堆積盆における石油システム. 石技誌(*Jour. Japan. Assoc. Pet. Technol.*), **67**, 62–71.
- 貝塚爽平(Kaizuka, S.), 1984, 南部フォッサマグナに関連する地形とその成立過程. 第四紀研究(*Quatern. Res.*), **23**, 55–70.
- 貝塚爽平(Kaizuka, S.), 1987, 関東の第四紀地殻変動. 地学雑(Jour. Tokyo Geogr. Soc.), **96**, 223–240.
- 貝塚爽平・小池一之・遠藤邦彦・山崎晴雄・鈴木毅彦(Kaizuka, S., Koike, K., Endo, K., Yamazaki, H. and Suzuki, T.), 2000, 日本の地形4 関東・伊豆小笠原(*Regional Geomorphology of the Japanese Islands vol.4 Geomorphology of Kanto and Izu-Ogasawara*), 東京大学出版会(Univ. Tokyo Press), 349 p.
- 神奈川県知事公室企画審議課(Kanagawa Prefectural Governor Office, ed.)*, 1955, 神奈川県下の天然瓦斯地下資源(Natural Gas as Underground Resources in Kanagawa Prefecture)*, 神奈川県知事公室企画審議課(Kanagawa Prefectural Governor Office), 39p.
- 関東第四紀研究会(Kanto Quaternary Research Group), 1970, 関東の下部更新統—多摩丘陵の三浦層群について—. 第四紀研究(*Quatern. Res.*), **9**, 93–100.
- 菊地隆男(Kikuchi, T.), 1982, 上総層群の堆積構造と関東構造盆地における位置. 地団研専報(*Monogr. Ass. Geol. Coll. Japan*), no. 24, 67–78.
- 倉川 博・多摩川足跡化石調査団, 2000, (Kurakawa, H. and Research Group for Fossil Footprints from the Riverbed of Tama-gawa). 昭島市の多摩川河床に露出する加住礫層から発見されたアケボノゾウ足跡化石とその年代・古環境. 日本第四紀学会講演要旨集(*Japan Assoc. Quatern. Res., Progr. Abstr.*), no. 30, 102–103.
- 町田 洋・新井房夫(Machida, H. and Arai, F.), 2003, 新編 火山灰アトラス—日本列島とその周辺(*Atlas of Tephra in and Around Japan (Revised Ed.)*), 東京大学出版会(Univ. Tokyo Press), 336p.
- 三梨 昂・菊地隆男(Mitsunashi, T. and Kikuchi, T.), 1982, 横浜地域の地質. 地域地質研究報告(5万分の1図幅)(*Geology of the Yokohama District, Quadrangle Series, scale 1: 50,000*)地質調査所(Geol. Surv. Japan), 35p.
- 三梨 昂・菊地隆男・鈴木尉元・平山次郎・中嶋輝允・岡 重文・小玉喜三郎・堀口万吉・桂島 茂・宮下美智夫・矢崎清貴・影山邦夫・奈須紀幸・加賀美英雄・本座栄一・木村政昭・楡井 久・樋口茂生・原 雄・吉野邦雄・遠藤 毅・川島真一・青木 滋(Mitsunashi, T., Kikuchi, T., Suzuki, Y., Hirayama, J., Nakajima, T., Oka, S., Kodama, K., Horiguchi, M., Katsurajima, S., Miyashita, M., Yazaki, K., Kageyama, K., Nasu, N., Kagami, H., Honza, E., Kimura, M., Nirei, H., Higuchi, S., Hara, Y., Yoshino, K., Endo, T., Kawashima, S. and Aoki, S.), 1979, 東京湾とその周辺地域の地質. 特殊地質図(20) (*Geological Map of Tokyo Bay and Adjacent Areas 1: 100,000, Miscellaneous Map Series, 20*)地質調査所(Geol. Surv. Japan), 91p.
- 三梨 昂・安国 昇・品田芳二郎(Mitsunashi, T., Yasukuni, N. and Shinada, Y.), 1959, 千葉県養老川・小櫃川の上総層群の層序. 地調月報(*Bull. Geol. Surv. Japan*), **10**, 82–98.
- 森 和雄・垣見俊弘・大山 桂・石田正夫・阿久津 純・田尻貞治(Mori, K., Kakimi, T., Oyama, K., Ishida, M., Akutsu, J. and Tajiri, T.), 1974, 埼玉県新座市・所沢市の試錐井とそれに関連する地表および地下地質. 地調月報(*Bull. Geol. Surv. Japan*), **25**, 379–395.
- 村田昌則・鈴木毅彦(Murata, M. and Suzuki, T.), 2011, 銚子地域犬吠層群小浜層中の前期更新世テフラとの対比に基づく白河火砕流堆積物群の層序の再検討. 第四紀研究(*Quatern. Res.*), **50**, 49–60.
- 武蔵村山市史編さん委員会(Editorial Board of History of Musashi-Murayama City), 1999, 武蔵村山市史 資料編 自然=地形・地質=(*A History of Musashi-Murayama City*)武蔵村山市(Musashi-Murayama City), 150p.
- 長橋良隆・里口保文・吉川周作(Nagahashi, Y., Satoguchi, Y. and Yoshikawa, S.), 2000, 本州中央部における鮮新・更新世の火砕堆積物と広域火山灰層との対比および層位噴出年代. 地質雑(Jour. Geol. Soc. Japan), **106**, 51–69.
- 長岡信治・西山賢一・井上 弦(Nagaoka, S., Nishiyama, K. and Inoue, Y.), 2010, 過去200万年間における宮崎平野の地層形成と陸化プロセス—海面変化とテクトニクスに関連して—. 地学雑(Jour. Tokyo Geogr. Soc.), **119**, 632–667.
- 中島絵理・鈴木毅彦(Nakajima, E. and Suzuki, T.), 2014, テフラ層序に基づく関東地域における1.6 Ma前後の古地理復元. 日本地球惑星科学2014年大会予稿集(*Japan Geosci. Union Meet. 2014, Abstr.*), SGL44–09.
- 岡 重文・菊地隆男・桂島 茂(Oka, S., Kikuchi, T. and Katsurajima, S.), 1984, 東京西南部地域の地質. 地域地質研究報告(5万分の1地質図幅)(*Geology of the Tokyo-Seinanbu District, Quadrangle Series, scale 1: 50,000*)地質調査所(Geol. Surv. Japan), 148p.
- 大塚弥之助(Otsuka, Y.), 1932, 多摩丘陵の地質(其の一). 地質雑(Jour. Geol. Soc. Japan), **39**, 363–371.
- Reinson, G. E., 1992, Transgressive barrier island and estuarine systems. In Walker, R. G. and James, N. P., eds., *Facies Models Response to Sea Level Change*. Geol. Soc. Can., 179–194.
- 埼玉日曜巡検会・関東第四紀研究会(Saitama Research Group and Kanto Quaternary Research Group), 1970, 狭山丘陵からMetasequoia floraの発見. 地質雑(Jour. Geol. Soc. Japan), **76**, 315–316.
- 坂井 一・黒川勝己(Sakai, H. and Kurokawa, K.), 2005, 新潟地域の月岡ゴマシオテフラ層および房総半島のKd18テフラ層と会津地域の芦野火砕流堆積物との対比. 地質雑(Jour. Geol. Soc. Japan), **111**, 561–564.
- 酒井豊三郎(Sakai, T.), 1990, 千葉県銚子地域の上部新生界—岩相・古地磁気・放散虫化石層序—. 宇都宮大学教養部研究報告 第2

- 部(Bull. Fac. General Educ. Utsunomiya Univ. Sec. 2), no. 23, 1–34.
- 坂田健太郎・中澤 努・中里裕臣(Sakata, K., Nakazawa, T. and Nakazato, H.), 2012, 秩父盆地尾田蔦丘陵にみられる中期更新世テフラの記載岩石学的特徴. 地質調査研究報告(Bull. Geol. Surv. Japan), **63**, 119–127.
- Santra, M., Steel, R., Olariu, C. and Sweet, M., 2013, Stages of sedimentary prism development on a convergent margin—Eocene Tyee Forearc Basin, Coast Range, Oregon, USA. *Global and Planetary Change*, **103**, 207–231.
- 里口保文・長橋良隆・黒川勝己・吉川周作(Satoguchi, Y., Nagahashi, Y., Kurokawa, K. and Yoshikawa, S.), 1999, 本州中部に分布する鮮新—下部更新統の火山灰層序. 地球科学(*Earth Sci. (Chikyū Kagaku)*), **53**, 275–290.
- 佐藤万理・鈴木毅彦・中山俊雄(Sato, M., Suzuki, T. and Nakayama, T.), 2004, 東京都板橋区および大田区地下に産出する前期更新世テフラの層序と対比. 地学雑(*Jour. Geogr.*), **113**, 816–834.
- Sato, T., Chiyonobu, S., Hodell, D. A., 2009, Data report: Quaternary calcareous nannofossil datums and biochronology in the North Atlantic Ocean, IODP Site U13081. Channell, J. E. T., Kanamatsu, T., Sato, T., Stein, R., Alvarez Zarikian, C. A., Malone, M. J., and the Expedition 303/306 Scientists. *Proceedings of the Integrated Ocean Drilling Program*, **303/306**, doi: 10.2204/iodp.proc.303306.210.2009.
- 白井正明・今村暁歩(Shirai, M. and Imamura, A.), 2013, 多摩丘陵北縁, 上総層群稲城層の堆積環境. 日本地球惑星科学 2013 年大会予稿集(*Japan Geosci. Union Meet. 2013, Abstr.*), HQR23–P04.
- 杉山雄一(Sugiyama, Y.), 1989, 島弧における帯状構造の屈曲とプレートとの斜め沈み込み第2部—西南日本外帯の屈曲構造とプレート間相対運動の変遷—. 地調月報(*Bull. Geol. Surv. Japan*), **40**, 543–564.
- 杉山雄一・寒川 旭・下川浩一・水野清秀(Sugiyama, Y., Sangawa, A., Shimokawa, K. and Mizuno, K.), 1988, 御前崎地域の地質. 地域地質研究報告(5 万分の 1 地質図幅) (*Geology of the Omaezaki District, Quadrangle Series, scale 1: 50,000*) 地質調査所(Geol. Surv. Japan), 153p.
- 鈴木毅彦(Suzuki, T.), 2000, 埼玉県秩父盆地に分布するテフラとその考古編年上の意義. 月刊地球(*Chikyū Monthly*), **22**, 687–692.
- 鈴木毅彦(Suzuki, T.), 2004, 関東平野南部の上総層群にテフラを供給した給源火山の推定とその第四紀前半の爆発的噴火活動. 日本第四紀学会講演要旨集(*Japan Assoc. Quatern. Res., Progr. Abstr.*), no. 34, 30–31.
- 鈴木毅彦・村田昌則(Suzuki, T. and Murata, M.), 2008, 東北部会津地域を給源とする前期更新世に噴出した限戸火砕流とそれに伴う降下テフラ. 第四紀研究(*Quatern. Res.*), **47**, 339–348.
- 鈴木毅彦・村田昌則(Suzuki, T. and Murata, M.), 2011, 上総層群黄和田層とその相当層に介在するテフラの層序と対比. 地質雑(*Jour. Geol. Soc. Japan*), **117**, 379–397.
- 鈴木毅彦・村田昌則・大石雅之・山崎晴雄・中山俊雄・川島眞一・川合将文(Suzuki, T., Murata, M., Oishi, M., Yamazaki, H., Nakayama, T., Kawashima, S. and Kawai, M.), 2008, テフラ編年による立川断層活動史の復元. 第四紀研究(*Quatern. Res.*), **47**, 103–119.
- Suzuki, T., Nakajima, E., Kawashima, S., Kawai, M. and Nakayama, T., 2016, Identification of three Early Pleistocene tephra in and around the west part of the Musashino Upland, Tokyo, Northeast Japan. *Geogr. Rep. Tokyo Metr. Univ.*, **51**, 127–133.
- Suzuki, T., Obara, M., Aoki, T., Murata, M., Kawashima, S., Kawai, M., Nakayama, T., and Tokizane, K. 2011, Identification of Lower Pleistocene tephra under Tokyo and reconstruction of Quaternary crustal movements, Kanto Tectonic Basin, central Japan. *Quatern. Intern.*, **246**, 247–259. doi: 10.1016/j.quaint.2011.06.043.
- 鈴木尉元・小玉喜三郎・三梨 昂・岡 重文・ト部厚志・遠藤 毅・堀口万吉・江藤哲人・菊地隆男・山内靖喜・中嶋輝允・徳橋秀一・楡井 久・原 雄・中山俊雄・奈須紀幸・加賀美英雄・木村政昭・本座栄一(Suzuki, Y., Kodama, K., Mitsunashi, T., Oka, S., Urabe, A., Endo, T., Horiguchi, M., Eto, T., Kikuchi, T., Yamauchi, S., Nakajima, T., Tokuhashi, S., Nirei, H., Hara, Y., Nakayama, T., Nasu, N., Kagami, H., Kimura, M. and Honza, E.), 1995, 東京湾とその周辺地域の地質(第2版)説明書. 特殊地質図(20) (*Geological Map of Tokyo Bay and Adjacent Areas 1: 100,000 (2nd Edition), Miscellaneous Map Series, 20*) 地質調査所(Geol. Surv. Japan), 109p.
- 正田浩司・竹越 智・関東平野西縁丘陵団体研究グループ(Shoda, K., Takegoshi, S. and Research Group for Geology of the Western Hills of the Kanto Plain), 2005, 関東平野西縁, 狭山丘陵に分布するテフラ層の広域対比. 日本地質学会第 112 年学術大会講演要旨(112th Ann. Meet. Geol. Soc. Japan, Abstr.), 82.
- 高橋雅紀・林 広樹・笠原敬司・井川 猛・川中 卓・須田茂幸(Takahashi, M., Hayashi, H., Kasahara, K., Ikawa, T., Kawana, T. and Suda, S.), 2005, 関東平野下に伏在する中新世ハーフグラベン群—地表地質から見た地下地質構造の新たな視点—. 防災科学技術研究所研究報告(*Rep. Nat. Res. Inst. Earth Sci. Disaster Prev.*), **67**, 13–28.
- 高野繁昭(Takano, S.), 1994, 多摩丘陵の下部更新統上総層群の層序. 地質雑(*Jour. Geol. Soc. Japan*), **100**, 675–691.
- 高野繁昭(Takano, S.), 2002, 南関東における上総層群中のテフラ鍵層の対比. 日本第四紀学会講演要旨集(*Japan Assoc. Quatern. Res., Progr. Abstr.*), no. 32, 114–115.
- 多摩川足跡化石調査団(Research Group for Fossil Footprints from the Riverbed of Tamagawa), 2002, 東京都昭島市の多摩川河床から産出したアケボノゾウ足跡化石の発掘調査報告書(*Report of the Fossil Footprints of Stegodon Aurorae from the Riverbed of the Tama River in the Akishima City, Tokyo*)*. 昭島市教育委員会(Education Board in Akishima City), 15p.
- 田浦 泉・所沢高校地学部・正田浩司(Taura, I., Earth Science Club of Tokorozawa High School and Shoda, K.), 2004, 狭山丘陵に分布する火山灰層の記載と加治丘陵に分布する E1 火山灰層との対比. 地学団体研究会第 58 回川越総会講演要旨集(*Progr. Abstr. Excur. Guide 63th Ann. Meet. Assoc. Geol. Col. Japan*), 114.
- 竹下欣宏(Takeshita, Y.), 2005, テフラ層序に基づく黒富士火山の活動史の再検討. 日本地質学会第 112 年学術大会講演要旨(112th Ann. Meet. Geol. Soc. Japan, Abstr.), 154.
- 東京都土木技術研究所(Tokyo Metropolitan Institute of Civil Engineering), 1996, 東京都(区部)大深度地下地盤図—東京都地質図集 6—(*Deep Underground Geological Map of Tokyo Wards*)*. 東京都土木技術研究所(Tokyo Metropolitan Institute of Civil Engineering), 66p.
- 植田房雄(Ueda, F.), 1933, 房総・三浦両半島に発達する新生代層の層序. 地質雑(*Jour. Geol. Soc. Japan*), **40**, 799–801.
- 植木岳雪・原 英俊・尾崎正紀(Ueki, T., Hara, H. and Ozaki, M.), 2013, 八王子地域の地質. 地域地質研究報告(5 万分の 1 地質図幅) (*Geology of the Hachioji District, Quadrangle Series, scale 1: 50,000*) 産業技術総合研究所地質調査総合センター(Geol. Surv. Japan, AIST), 137p.
- 植木岳雪・酒井 彰(Ueki, T. and Sakai, M.), 2007, 青梅地域の地質. 地域地質研究報告(5 万分の 1 地質図幅) (*Geology of the Ome District, Quadrangle Series, scale 1: 50,000*) 産業技術総合研究所地質調査総合センター(Geol. Surv. Japan, AIST), 189p.
- 畝村誠一・古田俊夫・小泉明裕・千葉達朗(Unemura, S., Furuta, T., Koizumi, A. and Chiba, T.), 1986, 横浜・多摩地区の上総層群の古地磁気年代. 日本第四紀学会講演要旨集(*Japan Assoc. Quatern. Res., Progr. Abstr.*), no. 16, 124–125.
- 吉田英人・高橋正樹(Yoshida, M. and Takahashi, M.), 1991, 白河火砕流東部地域の地質. 地質雑(*Jour. Geol. Soc. Japan*), **97**, 231–249.

* English translation from the original written in Japanese.

(著者プロフィール)

鈴木毅彦 首都大学東京大学院都市環境科学研究科地理環境科学域 教授。自然地理学、地形学、第四紀学、火山学を専門とし、テフラを用いて地形形成史、火山噴火史を研究。多摩の上総層群については2012年頃から研究。

白井正明 首都大学東京大学院都市環境科学研究科地理環境科学域 准教授。専門は堆積学。東京大学海洋研究所(現、東京大学大気海洋研究所)助教を経て、2009年より現職。研究テーマは「陸から深海までの砂の旅」

福嶋 徹 GeoWonder企画 むさしの化石塾 代表。現在、千葉科学大学大学院危機管理学研究科危機管理学専攻の社会人対象修士課程に所属。

科学論文では、学説の検証可能性を保証することが重要です。そのため、地質学雑誌掲載論文には、重要な証拠となった試料がどこで得られたかを示しているものがあります。言うまでもないことですが、見学や採取を行う場合、各自の責任において地権者や関係官庁への連絡と許可の取得の必要があることにご注意ください。詳しくは、以下のサイトをご覧ください。

<http://www.geosociety.jp/publication/content0073.html>

一般社団法人日本地質学会